

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПИНОДАЛЬНОГО РАСПАДА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОБЪЕМНЫХ НАНОСТРУКТУРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ломаев С.Л.

Руководитель – доц., д.ф.-м.н. Васильев Л.С.

Физико-технический институт УрО РАН, г. Ижевск

LomayevSt@bk.ru

Создание объемных материалов с наноструктурой является сложной технологической задачей, имеющей как практическое, так и фундаментальное значение. На данный момент основными являются два способа получения материалов с наноструктурой: интенсивная пластическая деформация и консолидация ультрадисперсных порошков. Применение данных методов имеет ряд недостатков связанных с их спецификой, в частности, один из недостатков – практическая сложность изготовления изделия достаточно крупных размеров.

Альтернативным способом получения материалов с наноструктурой может стать использование явления спинодального распада расслаивающихся твердых растворов. При этом способе параметры системы, такие как форма, размеры и расположение включений во многом будут определяться температурным режимом, при котором будет проходить спинодальный распад. Данный способ в силу своей относительной простоты будет обладать рядом преимуществ, в частности он позволит изготавливать большие по размеру изделия из ультрадисперсных материалов.

В монографиях [1, 2] приведено множество примеров возникновения гетерофазных наноструктур в процессе спинодального распада, особо интересны случаи, когда в структуре наблюдается периодическое распределение включений новой фазы. Устиновщиков [1] и Хачатурян [2] связывали возникновение периодических распределений включений с явлением модулированных K -структур, представляющих собой периодическое распределение концентрации примеси в метастабильном однофазном состоянии твердого раствора.

Температурой расслоения T_0 называют максимальную температуру, при сохранении которой в течение определенного времени однофазный твердый раствор претерпевает спинодальный распад на гетерофазную структуру. Если охлаждение материала в область температур ниже T_0 протекает с достаточно высокой скоростью (в сравнении с обычными диффузионными процессами распада в материале), то раствор не успевает претерпеть распад сразу при достижении T_0 . В этом случае однофазный раствор может быть переохлажден до некоторой температуры T (попасть в область за критических температур). Такой сильно неравновесный твердый раствор будет вынужден выбирать некоторый высокоскоростной механизм

релаксации к состояниям, которые могут вообще не существовать на диаграмме равновесных фазовых состояний. Предполагается, что в подобных случаях под равновесной спинодалью зарождаются модулированные K -структуры.

В работе аналитическими методами найдено наиболее устойчивое (в термодинамическом смысле) состояние высокотемпературной фазы в закритической области ($T < T_0$). Также произведен расчет приближенного значения периода распределения примеси (модулированных K -структур):

$$k_c \approx \frac{\sqrt{2}}{r} \sqrt{\frac{T_0 - T}{T_0}} \quad (1)$$

где k_c – волновой вектор, определяющий период, r – межатомное расстояние в кристаллической решетке. Как видно, для определения зависимости периода модуляции k_c от температуры T , нам необходимо знать критическую температуру T_0 и величину r для данного материала. К сожалению, для многих материалов такие постоянные неизвестны. Но вид формулы (1) позволяет определить T_0 и r на основе экспериментальных данных, если для данного материала есть возможность на опыте измерить период модулированных K -структур при нескольких различных температурах распада T .

Качественно выводы данной теории подтверждаются многими экспериментальными данными [1], в частности, при понижении температуры переохлаждения T наблюдалось уменьшение периода модулированных K -структур.

Используемые литературные источники:

1. Устиновщиков Ю.И.. Выделение второй фазы в твёрдых растворах. -М: Наука, 1988.-С.170.
2. Хачатурян А.Г.. Теория фазовых превращений и структура твердых растворов. -М.:Наука, 1974.-С.384.